УДК 69.331.438 https://doi.org/10.23947/2541-9129-2021-3-33-39

Сравнительный анализ инженерных решений против сдвига верхней части лестницы при выполнении работ на высоте

В. А. Сенченко[1], Т. Т. Каверзнева[2,3], С. Л. Пушенко[4], Е. В. Стасева[4], Н. В. Румянцева[2]
[1]ПАО «Ростелеком» Волгоградский филиал (г. Волгоград, Российская Федерация)
[2] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)
[3] Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет имени Ж. И. Алфёрова Российской академии наук (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)
[4]Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Введение. Для современного строительства характерно производство работ на высоте с использованием лестниц. В статье представлены различные инженерные решения, направленные на предотвращение случаев травматизма при выполнении таких работ.
Постановка задачи. Задачей данного исследования является сравнительный анализ имеющихся инженерных решений, направленных на предотвращение сдвига верхней части лестницы при выполнении работ на высоте.
Теоретическая часть. В работе приведено ранжирование существующих технических средств, позволяющих фиксировать верхнюю часть лестницы на поверхности опоры и снижать риск скольжения верхней части лестницы по опоре. Показано, что конструкция, фиксируемая за опору, имеет наименьший риск с точки зрения обеспечения безопасности работ на высоте.
Выводы. Определены наиболее перспективные направления развития конструирования против сдвига верхней части лестницы.

Ключевые слова: работа на высоте, работа на опоре, работа с лестницы, соскальзывание лестницы, падение с лестницы.

Для цитирования: Сравнительный анализ инженерных решений против сдвига верхней части лестницы при выполнении работ на высоте / В. А. Сенченко, Т. Т. Каверзнева, С. Л. Пушенко [и др.] // Безопасность техногенных и природных систем. — 2021. — № 3. — С. 33 −39. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2021-3-33-39

Comparative analysis of engineering solutions against the shift of the upper part of the ladder when performing work at height

V. A. Senchenko[1], T. T. Kaverzneva[2,3], S. L. Pushenko[4], E. V. Staseva[4], N. V. Rumyantseva [2]
[1] PAO Rostelecom Volgograd branch (Volgograd, Russian Federation)
[2] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (St. Petersburg, Russian Federation)
[3] St. Petersburg National Research Academic University of Zh.I. Alfyorov of the Russian Academy of Sciences (St. Petersburg, Russian Federation)
[4] Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

Introduction. Modern construction is characterized by work at a height using stairs. The article presents various engineering solutions aimed at preventing injuries during such work.
Problem Statement. The objective of this study is to compare the available engineering solutions aimed at preventing the upper part of the ladder from shifting when performing work at height.
Theoretical Part. The work shows the ranking of the existing technical means that allow fixing the upper part of the ladder on the surface of the support and reducing the risk of sliding the upper part of the ladder on the support. It is shown that the structure fixed to the support has the least risk in ensuring the safety of work at height.
Conclusion. The article defines the most promising directions of development of technical solutions against shifting the upper part of the ladder.

Keywords: working at height, working on support, working from stairs, stairs sliding, falling from stairs

For citation: V. A. Senchenko, T. T. Kaverzneva, S. L. Pushenko, E. V. Staseva, N. V. Rumyantseva. Comparative analysis of engineering solutions against the shift of the upper part of the ladder when performing work at height. Safety of Technogenic and Natural Systems. 2021;3:33–39. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2021-3-33-39

Введение. В строительстве значительное количество работ выполняется на высоте. Они зачастую проводятся с использованием лестниц. Данные статистики производственного травматизма по Российской

Федерации свидетельствует, что травматизм при выполнении работ на высоте составляет около 25 % от всех производственных травм в России [1]. Большая часть из них связана с выполнением строительных работ с использованием лестниц-удлинителей [2, 3]. Как правило, при падении с высоты, в том числе с лестницы, работник получает тяжелые травмы, в том числе и со смертельным исходом [3, 4]. Порядка 70 % серьезных падений с лестниц происходит с использованием переносных лестниц, а наиболее частой причиной падения является скольжение лестницы под пользователем [5, 6].

Постановка задачи. Затраты на приобретение лестниц невелики, лестницы мобильны при использовании, имеют малый вес и просты в эксплуатации. Эти обстоятельства объясняют широкое использование разнообразных типов лестниц в трудовой деятельности. Лестница незаменима в тех местах, где нет возможности подъехать автоподъемнику. В современных условиях строительного производства лестницы еще долгое время будут являться актуальным средством подъема на высоту (опору).

При расследовании причин падений человека с лестниц отмечается преобладающая роль «человеческого фактора». Поэтому совершенствование технических мер, направленных на обеспечение безопасности производства работ на высоте с использованием лестниц, является актуальным в рамках системы управления профессиональными рисками. Меры безопасности, которые исключают или минимизируют влияние «человеческого фактора», в настоящее время являются приоритетными.

В целях обеспечения безопасности производства работ в серийном производстве широко представлены имеющие высокую степень надежности инженерно-технические средства, которые устанавливаются на нижние концы лестницы (металлические оковки и башмаки из нескользкого материала). Технические средства против сдвига верхней части лестницы при выполнении работ на опоре в серийном производстве очень малочисленны. При этом имеющиеся средства не во всех случаях достаточно эффективны.

Цели исследования — провести сравнительный анализ инженерных решений против сдвига верхней части лестницы при выполнении работ на опорах воздушных линиях связи (ВЛС) и воздушных линий электропередач (ВЛЭ); определить наиболее перспективные направления развития технических мер безопасности против сдвига верхней части лестницы при выполнении работ на опоре.

Теоретическая часть. Обеспечивать безопасность проведения работ на высоте с применением лестниц возможно за счет повышения устойчивости путем применения верхней насадки, которая крепится к лестнице с помощью системы крепления (рис. 1).

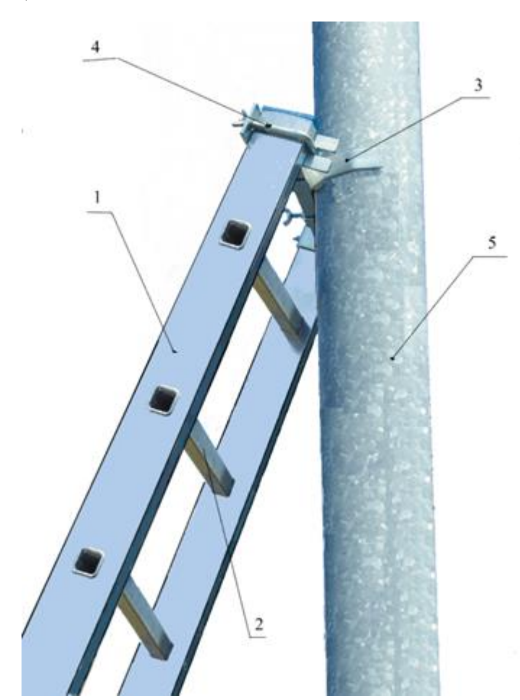


Рис. 1. Установки лестницы с насадкой к опоре: 1 — тетива лестницы, 2 — ступенька, 3 — насадка, 4 — крепление насадки к лестнице, 5 — опора

Типы насадок различаются в зависимости от способа сцепления с опорой, возможности регулирования площади сцепления, а также наличия встроенных систем безопасности при выполнении работ на высоте.

В таблице 1 представлены имеющиеся виды насадок, которые сгруппированы по функциональному исполнению и способу сцеплению с опорой [7 –14].

Таблица 1

Насадки и функциональное исполнение

Наименование	Общий вид	Патент
1	2	3
Насадка на лестницу с упором против сдвигания		Насадка для опоры на столб / мачту KRAUSE
		Патент на полезную модель «Насадка на лестницу», Номер патента: 184480 [8].
		Патент на полезную модель «Насадка на лестницу», Номер патента: 193480 [9].
		Патент на полезную модель «Насадка на лестницу», Номер патента: 202731 [10].
Насадка на лестницу с упором и кольцевой цепью		Патент на полезную модель «Насадка на лестницу», Номер патента: 189558 [11].
Насадки на лестницу с упором и анкерной петлей		Патент на полезную модель «Насадка на лестницу с анкерным устройством», Номер патента: 196601 [12].

Наименование	Общий вид	Патент
1	2	3
		Патент на полезную модель «Насадка на лестницу с анкерной точкой», Номер патента: 185193 [7].
		Патент на полезную модель «Насадка на лестницу», Номер патента: 198464 [13].
		Патент на полезную модель «Насадка на лестницу с усиленным креплением за лестницу и анкерным устройством», Номер патента: 202731 [14].
Обозначения к рисункам: 1— насадка на лестницу, 2 — крепление насадки к лестнице, 3 — упор; 4 — анкерная петля, 5 — цепь.		

Насадка с упором и цепью будет надежно фиксировать верхний край лестницы за опору. Но, прежде чем это сделать, необходимо подняться по лестнице. Так как страховка от падения с высоты во время подъема по лестнице не обеспечивается, то в этот период необходимо ее организовать [7,11–14].

Другие конструкции насадок, которые не имеют жесткого крепления за опору, имеют пониженную степень безопасности, которая определяется силой сцепления насадки, зависящей от ее конструкции [8–10].

Насадка на лестницу, описанная в [8], отличается своей простотой использования. Упор имеет шипы, которые обеспечивают сцепление с опорой. Насадки на лестницу, описанные в [9, 10], также имеют упор с шипами, но может регулироваться площадь сцепления [15, 16] за счет изменения радиуса упоров относительно опоры.

Риск-ориентированный подход к оценке безопасности труда предполагает использование разнообразных математических моделей и способов, позволяющих сопоставлять риски и выбирать наиболее эффективное решение [17, 18]. Решение задачи обеспечения безопасности производства работ на высоте с лестниц является одной из приоритетных в охране труда [19].

При большом многообразии имеющихся инженерных решений, которые направлены на повышение безопасности работ на высоте с использованием лестниц, до сих пор нет универсального эффективного

инженерного решения. При оценке образцов техники на стадии их разработки в современной инженерной практике, в зависимости от ситуаций, могут быть применены различные инженерные решения [20, 21].

Развитие технических мер безопасности позволит минимизировать роль «человеческого фактора», снижая риск падения лестницы с опор.

В таблице 2 приведено ранжирование технических средств, позволяющих фиксировать верхнюю часть лестницы на поверхности опоры, по мере снижения риска скольжения верхней части лестницы с опоры. Так, для лестницы без насадки риск скольжения верхней части лестницы с поверхности опоры R_1 будет максимальный, а инженерное решение в виде насадки на лестницу с упором и анкерной петлей обеспечит минимальный риск R_4 из всех предложенных инженерных решений.

Таблица 2

Ранжирование технических решений по мере снижения риска сдвига верхней части лестниц с поверхности опоры

Инженерное решение	Лестница без насадки	Насадка на лестницу с упором против сдвигания	Насадка на лестницу с упором и кольцевой цепью	Насадки на лестницу с упором и анкерной петлей
Риск соскальзывания верха лестницы с опоры	R_1	R_2	R_3	R_4
	$R_1 > R_2 > R_3 > R_4$			
Меры по обеспечению безопасности	Нет устойчивости в месте соприкосновения лестницы с опорой. В процессе подъема по лестнице требуется организовывать анкерную точку для крепления страховочной системы.	Лестница с насадкой устойчива упирается в опору. В процессе подъема по лестнице требуется организовывать анкерную точку для крепления страховочной системы.	При подъеме по лестнице требуется организовывать анкерную точку для крепления страховочной системы. Лестница жестко закреплена с опорой посредством цепи.	В составе устройства имеется анкерная точка. Не требуется дополнительных анкерных устройств для организации страховки при подъеме и работе на высоте.

Анализируя безопасность инженерных решений, можно утверждать, что насадки на лестницу с упором и анкерной петлей обеспечивают максимальную безопасность работников посредством возможности использования страховочной системы для создания анкерной точки на высоте без дополнительных технических средств. По мнению авторов, данное концептуальное направление технического решения наиболее перспективно.

Выводы

1. В статье проведен сравнительный анализ технических решений, позволяющих фиксировать верхнюю часть лестницы на поверхности опоры.

2. Определен тип инженерных решений против сдвига верхней части лестницы при работе на опоре, которые наиболее перспективны с точки зрения обеспечения безопасности при проведении работ на высоте. Проведено ранжирование технических средств, позволяющих фиксировать верхнюю часть лестницы на поверхности опоры, по мере снижения риска скольжения верхней части лестницы с опоры.

Библиографический список

1. Сенченко, В. А. Меры безопасности при производстве работ на двускатных крышах / В. А. Сенченко, С. А. Карауш, Т. Т. Каверзнева // Construction and Geotechnics. — 2017. — Т. 8, № 2. — С. 5–14. https://doi.org/10.15593/2224-9826/2017.2.01

2. Extension-ladder safety: Solutions and knowledge gaps / H. Hsiao, P. Simeonova, T. Pizatella [et al.] // International Journal of Industrial Ergonomics. — 2008. — Vol. 38, iss. 11–12. — P. 959–965. https://doi.org/10.1016/j.ergon.2008.01.011

3. Plinera, E. M. Factors affecting fall severity from a ladder: Impact of climbing direction, gloves, gender and adaptation / E. M. Plinera, Na Jin Seo, K. E. Beschorner // Applied Ergonomics. — 2017. — Vol. 60. — P. 163–170. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.11.011

4. Occupational ladder fall injuries – United States / C. M. Socias, C. K. Chaumont Menéndez, J. W. Collins, P. Simeonov // MMWR Morb Mortal Wkly Rep. — 2014. — Vol. 63(18). — P. 341–346. PMID: 24759655; PMCID: PMC4584774

5. Häkkinen, K. K. Experiments on safety in the use of portable ladders / K. K. Häkkinen, J. Pesonen, E. Rajamäki // Journal of Occupational Accidents. — 1988. — Vol. 10, iss. 1. — P. 1–19. https://doi.org/10.1016/0376-6349(88)90002-8

6. Chien-Chi Chang. The effects of straight ladder setup and usage on ground reaction forces and friction requirements during ascending and descending / Chien-Chi Chang, Wen-Ruey Chang, Simon Matz // Safety Science. — 2005. — Vol. 43, iss. 7. — P. 469–483. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2005.08.002

7. Насадка на лестницу с анкерной точкой : патент 185193 Рос. Федерация : E06C 7/46 / В. А. Сенченко, С. Л. Пушенко, Е. В. Стасева, Е. А. Глумов. — № 2018132217 ; заявл. 10.09.2018 ; опубл. 26.11.2018, Бюл. № 33. — 5 с.

8. Насадка на лестницу: патент 184480 Рос. Федерация : E06C 7/46 / В. А. Сенченко, Г. Д. Леликов, Е. А. Глумов. — № 2018131525 ; заявл. 03.09.2018 ; опубл. 29.10.2018, Бюл. № 31. — 3 с.

9. Насадка на лестницу : патент 193480 Рос. Федерация : E06C 7/46/ В. А. Сенченко, С. Л. Пушенко, Е. В. Стасева, Т. Т. Каверзнева, И. Л. Скрипник, С. В. Воронин. — № 2019129116 ; заявл. 16.09.2019 ; опубл. 30.10.2019, Бюл. № 31. — 6 с/

10. Насадка на лестницу : патент 202693 Рос. Федерация : F03B 13/18 / В. В. Петрашкевич, П. А. Михеев, А. В. Петрашкевич, А. П. Смирнов. — № 2020138830, заявл. 26.11.2020 ; опубл. 03.03.2021, Бюл. № 7.

11. Насадка на лестницу : патент 189558 Рос. Федерация : E06C 7/46 / В. А. Сенченко, С. А. Карауш, Т. Т. Каверзнева, Л. А. Киреева. — № 2019100332 ; заявл. 09.01.2019 ; опубл. 28.05.2019, Бюл. № 16.

12. Насадка на лестницу с анкерным устройством : патент 196601 Рос. Федерация : E06C 7/46 / В. А. Сенченко, Г. Д. Леликов, О. А. Сенченко. — № 2019127419 ; заявл. 30.08.2019 ; опубл. 06.03.2020, Бюл. № 7.

13. Насадка на лестницу : патент 198464 Рос. Федерация : E06C 7/46 / В. А. Сенченко, С. Л. Пушенко, Е. В. Стасева, А. Ю. Светлакова, А. И. Ульянов. — № 2020114763 ; заявл. 27.04.2020 ; опубл. 13.07.2020, Бюл. № 20.

14. Насадка на лестницу с усиленным креплением за лестницу и анкерным устройством : патент 202731 Рос. Федерация : E06C 7/46 / В. А. Сенченко, Т. Т. Каверзнева, С. А. Карауш, И. Л. Скрипник, Н. В. Румянцева. — № 2020120196 ; заявл. 03.03.2021 ; опубл. 03.03.2021, Бюл. № 7.

15. Шатина, А. В. Эволюция движения механических систем с бесконечным числом степеней свободы : автореф. дис…. докт. физ.-мат. наук / А. В. Шатина. — Москва, 2007. — 34 с.

16. Каган, М. Л. Особенности сухого трения / М. Л. Каган, В. И. Антонов, В. А. Белов // Вестник МГСУ. — 2012. — № 11. — С. 183—190. http://doi.org/10.22227/1997-0935.2012.11.183-190

17. Минько, В. М. Математическое моделирование в охране труда / В. М. Минько. — Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ», 2008. — 248 с.

18. Sazonova, A. Risk of pathologies when exposed to fine dust in the construction industry / A. Sazonova, O. I. Kopytenkova, E. Staseva // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 21, Construction – The Formation of Living Environment. — 2018. — P. 032039. https://doi.org/10.1088/1757-899X/365/3/032039

19. Сенченко, В. А. Концепция технических мер безопасности при выполнении высотных работ на крышах зданий в условиях арктического севера / В. А. Сенченко, С. Л. Пушенко, Е. В. Стасева // Вестник ВолгГАСУ Серия: Строительство и архитектура. — 2018. — № 51 (70). — С. 178–185.

20. Assessment of technical level of new, promising models of equipment at the stage of their development in modern engineering practice / I. L. Skrypnik, Yu. G. Ksenofontov, T. T. Kaverzneva [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — 2020. — Vol. 862. — Art. 042031. https://doi.org/10.1088/1757-899X/862/4/042031

21. Тархов, Д. А. Анализ причин тяжелого и смертельного травматизма на строительной площадке / Д. А. Тархов, Т. Т. Каверзнева, Д. И. Идрисова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — 2015. — № S60-2. — С. 244–253.

Сдана в редакцию 14.05.2021
Запланирована в номер 02.06.2021

Об авторах:

Сенченко Владимир Александрович, ведущий специалист по охране труда ПАО «Ростелеком» Волгоградский филиал, (400066, РФ, г. Волгоград, ул. Донецкая, д.7 кв. 142), https://orcid.org/0000-0002-7502-386X, vladimir.senchenko@south.rt.ru

Каверзнева Татьяна Тимофеевна, доцент Высшей школы техносферной безопасности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (195251, РФ, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29), кандидат технических наук, доцент, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7423-4892, kaverztt@mail.ru

Пушенко Сергей Леонардович, заведующий кафедрой «Производственная безопасность» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), доктор технических наук, профессор, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3679-7862, slpushenko@yandex.ru

Стасева Елена Владимировна, доцент кафедры «Производственная безопасность» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1) кандидат технических наук, доцент, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8973-9471, elena_staseva@mail.ru

Румянцева Нина Вячеславовна, доцент Высшей школы техносферной безопасности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (195251, РФ, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29), кандидат технических наук, доцент, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5045-6282, rumyantseva_nina@mail.ru

Заявленный вклад соавторов:

В. А. Сенченко — формирование основной концепции, цели и задачи исследования; Т. Т. Каверзнева — подготовка текста; С. Л. Пушенко — научное руководство, формирование выводов; Е. В. Стасева — анализ результатов исследований, доработка текста; Н. В. Румянцева — подготовка текста, формирование выводов.

Submitted 14.05.2021
Scheduled in the issue 02.06.2021

About the Authors:

Senchenko, Vladimir A., Labor protection senior specialist, PAO Rostelecom Volgograd branch (app 142, 7, Donetskaya st., Volgograd, 400066 RF) https://orcid.org/0000-0002-7502-386X, vladimir.senchenko@south.rt.ru

Kaverzneva, Tatyana T., Associate professor, Higher School of Technosphere Safety of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, (29, Politekhnicheskaya st, St-Petersburg, 195251, RF), Ph. D., Associate professor, ORCID:https://orcid.org/0000-0002-7423-4892, kaverztt@mail.ru

Pushenko, Sergey L., Head, Department of Process Safety, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), Dr. Sci. (Eng.), Professor, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3679-7862 , slpushenko@yandex.ru

Staseva, Elena V., Associate professor, Department of Process Safety, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), Cand.Sci., Associate professor, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8973-9471, elena_staseva@mail.ru

Rumyantseva, Nina V., Associate professor, Higher school of Technosphere Safety, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (29, Politekhnicheskaya st, St-Petersburg, 195251, RF), Ph. D., Associate professor, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5045-6282, rumyantseva_nina@mail.ru

Contribution of the authors:

V. A. Senchenko — formulation of the main concept, goals and objectives of the study; T. T. Kaverzneva — preparation of the text; S. L. Pushenko — scientific supervision, formulation of the conclusions; E. V. Staseva — analysis of the research results, revision of the text; N. V. Rumyantseva — preparation of the text, formulation of conclusions.